ROYAL COLLEGE OF SURGEONS OF ENGLAND OCT 11

SUR L'ACTION DE L'ÉTINCELLE SUR LES TISSUS (1);

PAR M. LE Dr de KEATING-HART (de Marseille).

Le titre primitif de ce Rapport était : *L'action destructive de l'étincelle sur les tissus.*

J'ai dû le modifier, d'accord avec la Commission, par la suppression du mot *destructive :*

1° Parce que les effets destructeurs proprement dits dus à l'étincelle sont très limités ;

2° Parce que, comme on le verra plus loin, c'est le côté le moins intéressant et le moins important de son action thérapeutique.

Mais, après avoir étendu ainsi en un sens le champ de mes recherches, j'ai dû le restreindre dans un autre, à cause de son immensité même, du peu de temps dont je disposais pour l'explorer et de la multiplicité des questions qu'un tel titre soulèverait : il est donc entendu que je n'aurai à m'occuper ni des effets de la formidable étincelle qui a nom *la foudre,* ni de ceux de l'étincelle jaillie entre les bornes d'un appareil industriel. C'est donc uniquement l'étincelle actuellement employée en thérapeutique, c'est-à-dire de haute tension et de basse intensité, dont l'action sur les tissus fera l'objet de ce Rapport.

Divers appareils peuvent servir à la production de telles étincelles : machines statiques, transformateurs divers, appareils de haute fréquence.

Il va sans dire que les étincelles produites par des appareils aussi différents sont loin de présenter les mêmes aspects et que sous le choc de l'étincelle fournie par une bobine puissante, par une machine statique à grand débit et par le résonnateur d'Oudin l'organisme ne réagit pas d'une façon identique. Cependant les effets dus à ces diverses formes de l'énergie électrique ne sont point foncièrement dissemblables, et diffèrent plus par leur degré de

(1) La bibliographie de la question sera publiée avec l'*in-extenso* du Rapport.

violence, leur profondeur et par leurs réactions lointaines que par leur essence même.

Marquons tout d'abord ces différences, afin de pouvoir étudier ensuite toutes les similitudes [1] à la fois. A longueur égale les effets sur l'organisme de l'étincelle statique et de l'étincelle issue de la bobine sont sensiblement semblables. Ils sont de deux sortes : locaux et généraux. Les effets locaux, étant analogues à ceux de l'étincelle de haute fréquence, seront étudiés en même temps que celle-ci.

Les effets généraux sont sensiblement d'une puissance proportionnelle à la longueur de l'étincelle employée et à sa fréquence, et inversement proportionnelle à la masse de l'animal frappé. Ils varient depuis la simple contraction d'une masse musculaire, jusqu'à l'état tétanique de tout l'individu, avec suspension de la fonction respiratoire, et jusqu'à la mort consécutive. Lorsque le choc électrique dépasse une certaine violence par rapport à la masse du sujet, la mort brusque survient, sans apparence de lésions, analogue à celle que donne le choc en retour dans le foudroiement (expériences sur des animaux de petite taille).

L'étincelle statique, très inégale, ne donne de tels résultats qu'à la condition de relier les pôles à des condensateurs, pour en augmenter la capacité.

Or la même étincelle issue d'une bobine, ou d'une machine à plateaux, et transformée en étincelle de résonance à haute fréquence, ne produit plus de réaction violente sur l'organisme d'un animal qu'elle tuait naguère. Il n'en est pas de même cependant si, au lieu de l'étincelle de haute fréquence unipolaire, on l'emploie en bipolaire; le choc qu'en reçoit alors l'organisme mis dans le circuit est des plus violents; mais en réalité, là, le résonateur n'est plus qu'un conducteur plus ou moins résistant réunissant les deux armatures externes des condensateurs, et il ne s'agit plus, à proprement parler, d'étincelle de résonance.

---

(1) Les appareils qui ont servi à mes expériences sont :

1° Une machine statique à 6 plateaux de $0^m,45$ de diamètre;

2° Un transformateur Wydtz-Rochefort de $0^m,50$ d'étincelle muni d'un interrupteur type Foucault;

3° Une bobine Gaiffe $0^m,40$ d'étincelle, avec interrupteur à turbine, condensateur Gaiffe à pétrole, résonnateur d'Oudin (type Rochefort).

Ces différences indiquées, l'étincelle de haute tension et de basse intensité, de quelque origine qu'elle soit, produit, à longueur, à densité, à température et à fréquence égales, des effets analogues sur un même tissu vivant.

Quels sont ces effets?

Nous les étudierons successivement sur les tissus normaux et anormaux, en tant qu'immédiats ou que tardifs, et dans leurs rapports avec la durée et la force des applications.

Si l'on projette sur une peau vivante saine de longues étincelles de haute tension et de basse intensité pendant quelques secondes, on remarque d'abord une ischémie intense de la peau, limitée aux seuls points touchés, formant des îlots au milieu du tissu circonvoisin normal. Laissés à eux-mêmes, ces points reprennent lentement leur couleur pour devenir ensuite d'un rose vif. Prolongé, l'étincelage maintient un certain temps la pâleur des points frappés; peu à peu ceux-ci s'épaississent, s'édématient. Puis une phlyctène apparaît. Enfin une escharre se produit, molle ou sèche suivant le mode opératoire.

En effet, deux éléments principaux paraissent dans l'étincelage produire les réactions indiquées plus haut : le *choc* et la *chaleur*.

Le *choc* est naturellement d'autant plus violent que la tension est plus élevée, mais cela à la condition que l'étincelle soit projetée à son maximum de longueur; plus, pour un même dispositif donné, l'électrode sera éloignée du sujet, plus le choc sera fort.

Mais si, au contraire, on rapproche l'électrode de la surface traitée, les décharges se feront plus rapides et par conséquent les effets calorifiques seront augmentés.

En outre, plus immobile sera l'électrode, plus la colonne d'air traversée par elle sera surchauffée, ainsi que la surface vivante sous-jacente.

Par conséquent, en tenant haut l'excitateur et en le déplaçant constamment, on réduira au minimum l'action calorique et l'on augmentera au maximum les effets du choc. Or, cliniquement, on peut dire que : 1° la vaso-constriction, 2° l'œdème sont d'autant plus marqués que le choc a été plus violent, et l'étincelle plus longue.

La phlyctène apparaît aussi bien avec l'étincelle dépourvue de calorification apparente que sous la double action de la chaleur et

du choc. Elle est plus précoce cependant dans ce dernier cas, tout de suite desséchée du reste et remplacée par une escharre dure et fortement rétractile, alors que l'escharre due à l'étincelle longue et promenée est molle et peu rétractile.

Si, au lieu du tissu indemne, on étincelle une plaie saignante, voici les effets qu'on remarque :

L'hémorrhagie diminue, et s'arrête *toujours complètement* si elle est simplement d'origine capillaire. Par contre, elle se modifie peu si l'écoulement sanguin est d'origine veineuse ou artérielle. L'hémostase ne paraît donc due qu'en partie à la vaso-constriction. Il est probable que le phénomène suivant dont nous allons parler a une action importante dans l'effet hémostatique constaté : sous l'étincelage, la plaie change peu à peu de couleur ; les tissus blancs jaunissent, les jaunes brunissent, les rouges noircissent.

S'agit-il d'un effet caustique? Non, car il suffit, pour rendre sa couleur primitive à la surface traitée, de l'essuyer avec un tampon de coton ou de gaze. Or, ce tampon est retiré couvert d'une mince couche de sang coagulé. C'est donc un dépôt de multiples et fins caillots sanguins qui colorait la plaie, et l'on peut attribuer à de nombreuses petites thromboses la fermeture des vaisseaux capillaires et l'hémostase consécutive.

Nous avons dit qu'un tissu non étincelé s'œdématiait, et cet œdème est constaté par le microscope. A la surface d'une plaie le phénomène se double d'un écoulement séreux qui n'est pas toujours immédiat, mais qui se manifeste cependant très vite en général : je veux parler de ce que j'ai nommé, dans mes travaux sur la fulguration des cancers, la *lymphorrhée*.

La composition chimique du liquide ainsi épanché est celle du sérum sanguin, tenant en suspension quelques hématies plus ou moins altérées et un grand nombre de leucocytes, parmi lesquels beaucoup de polynucléaires. L'abondance, variable avec les tissus étincelés, paraît d'autant plus grande que la région est plus riche en vaisseaux lymphatiques. Les tissus cellulo-graisseux en fournissent de grandes quantités, les os beaucoup moins. L'écoulement en peut être tellement important qu'on soit obligé d'en renouveler les pansements deux fois par jour, et qu'on peut le recueillir par gouttes assez rapides dans des éprouvettes. Sa durée à l'état de sérosité pure est de 48 heures à 4 jours; puis elle s'épaissit, se

trouble, devient puriforme pendant la période d'élimination des escharres, s'il y en a. Elle tarit pendant la période de cicatrisation.

Sa suppression, brusquement survenue en quelques cas, a déterminé des élévations extrêmes de la température, qui revenait d'ailleurs à la normale, en même temps que l'écoulement se rétablissait.

L'escharre ne se forme, nous l'avons dit, que si l'on prolonge la projection d'étincelles, ou si l'on n'emploie pas les moyens nécessaires à écarter les phénomènes calorifiques. Dans le premier cas, elle est gris-jaune, molle, et rappelle les escharres dues aux caustiques alcalins. Dans le second, elle prend l'aspect des tissus touchés par le thermocautère.

Elle est en général et volontairement superficielle (1^{mm} ou 2^{mm}); mais, quelque longue et puissante que soit l'application de l'étincelle, la mortification qui s'ensuit n'est jamais profonde, et ne dépasse pas une épaisseur de 2^{cm} dans les tissus mous. Si, cependant, on prend la masse à détruire entre les deux pôles, à l'aide d'une électrode-trocart plongeant dans la profondeur, on peut à la longue doubler les effets destructeurs. Mais il est presque impossible en ce cas d'isoler l'action calorifique de l'action purement électrique.

L'escharre est assez longue à se détacher, d'autant plus que sa formation n'est pas immédiate et que la nécrobiose due à l'étincelage ne se manifeste souvent qu'au bout de 3 ou 4 jours. Elle laisse, en tombant, un beau bourgeonnement d'une coloration particulièrement vive, d'un grain plus serré que d'habitude, d'un toucher velouté spécial, à tendance cicatricielle centripète rapide.

La puissance réparatrice de la cicatrisation est si marquée, qu'elle constitue souvent une véritable *autoplastie spontanée*. Son processus est double; pour réparer une vaste cavité ouverte par l'opération, elle commence par la niveler en la remplissant d'un tissu fibreux de plusieurs centimètres d'épaisseur quelquefois, et la recouvre ensuite d'un tissu cicatriciel remarquablement esthétique. Ce second temps ne commençant que quand le premier est terminé, le processus de réparation peut en paraître lent tout d'abord; mais, le nivellement achevé, on peut assister presque heure par heure au rétrécissement du liséré cicatriciel.

En outre de ces constatations portant sur tous les tissus en général, je dois ajouter quelques remarques spéciales à quelques-uns.

Le choc électrique produit des contractions violentes en frappant soit les muscles, soit les nerfs moteurs. Un muscle ou un groupe de muscles vigoureusement étincelé a une tendance marquée à la rétraction, et cette rétraction, selon le degré, est durable ou s'atténue avec le temps.

D'une façon générale, tous les tissus comme tous les organes subissent sans dommage le choc de l'étincelle de haute tension et de haute fréquence, jusqu'à la limite, naturellement, de leur destruction : cerveau, moelle, nerfs, méninges, tube digestif, péritoine, etc. Les expériences que j'ai faites sur le cœur me permettent la même conclusion, du moins pour les conséquences immédiates, le sacrifice consécutif forcé de l'animal en observation ne m'ayant pas laissé le loisir de constater les suites lointaines.

La douleur produite par la projection d'une étincelle isolée sur la peau n'est nullement insupportable. L'étincelle de quelques millimètres de longueur, plus chaude que violente, est rapidement anesthésique. A partir de 2^{cm} ou 3^{cm}, l'application prolongée d'un faisceau est très pénible. Au-dessus de cette limite l'anesthésie, locale ou générale suivant le cas, devient absolument nécessaire.

Sur les tissus anormaux l'étincelle produit des effets intéressants. Mais pour les bien observer il est nécessaire, avant l'étincelage, et étant donnée la rapide diffusion de l'électricité et son action peu profonde, de supprimer de la surface traitée toutes les croûtes, escharres, caillots, amas purulents qui peuvent l'encombrer, et cela par lavages, curetages ou autres moyens.

Cela dit, nous diviserons l'étude des effets obtenus en cinq catégories : 1° effets obtenus sur les plaies et les ulcères torpides; 2° sur les états inflammatoires chroniques; 3° sur les états inflammatoires aigus; 4° sur les tuberculoses; 5° sur les néoplasies.

1° *Plaies et ulcères torpides.* — Mes expériences ont porté principalement : 1° sur des radiodermites anciennes et profondes à tendance aggravante et chargées d'escharres molles ou osseuses; 2° des ulcères variqueux anciens, tous antérieurement et inutilement traités par les moyens en usage.

Sous l'influence d'un seul étincelage d'une durée et d'une puissance proportionnées à l'étendue et à la profondeur des lésions, mais *arrêté en deçà de la dose de mortification,* ces plaies ont

présenté les réactions suivantes : autour des radiodermites les tissus sains ont réagi énergiquement avec coloration vive et chaleur locales, les escharres, soulevées par un liquide séro-purulent, se sont détachées et la cicatrisation s'est établie avec rapidité au bout de 3 semaines dans un cas, de 15 jours dans l'autre. Autour des plaies variqueuses, mêmes réactions que plus haut, œdème disparu, formation à la surface de la plaie d'un exsudat grisâtre ou noirâtre, puis bourgeonnement de nivellement, et enfin cicatrisation complète en un temps variant entre 3 et 6 semaines. Je parlerai plus loin des effets obtenus sur les zones eczémateuses et périulcéreuses.

2° Parmi les états inflammatoires chroniques traités par l'étincelle, je citerai : des maladies de la peau, telles qu'eczémas ou psoriasis, et des fistules anales déjà opérées une ou plusieurs fois au thermocautère, mais sans tendances à la guérison.

Les eczémas, même humides, étendus, tels que ceux qui entourent les ulcères variqueux, ont réagi, sous l'étincelage, de la façon suivante : sous les croûtes ou squames détachées, le derme a suinté un liquide séreux, la coloration rouge lie de vin a pâli, les surfaces épidermiques se sont détachées sous forme de pellicules de plusieurs centimètres carrés d'étendue laissant voir, au-dessous, un épiderme nouveau, encore un peu violet, mais sain d'aspect et qui peu à peu a perdu presque toute coloration anormale. En quinze jours, trois semaines, un mois, j'ai vu d'anciens et vastes eczémas guéris complètement, après *une seule* application d'étincelle précédée d'un léger grattage.

Les plaques psorasiques réagissent d'une façon analogue, aux modifications colorées près.

Les fistules anales non tuberculeuses excrètent après fulguration un écoulement séro-purulent assez abondant, suivi en quelques semaines d'une parfaite cicatrisation.

3° J'ai eu peu d'occasion de traiter, jusqu'à ce jour, des affections locales aiguës par l'étincelle et je n'en ai trouvé aucun cas relaté dans la littérature médicale. Les résultats obtenus en sont encore insuffisamment précis et quelque peu contradictoires; il serait donc encore prématuré d'en parler.

4° Les tuberculoses locales donnent aussi à la fulguration d'intéressants résultats, mais là, plus qu'ailleurs, l'intervention de la

curette est essentielle. Les fongosités souvent épaisses doivent être soigneusement éliminées et la fulguration doit être particulièrement longue, énergique et dépasser largement les régions malades.

Les lupus hypertrophique et érythémateux subissent tous deux des modifications analogues : après une réaction locale et parfois générale très violente, chaleur, rubéfaction et écoulement séro-purulent très abondant, fièvre souvent assez élevée, apparition quelquefois d'érysipèle ou de lymphangite [que le microscope a révélée dans certains (1) cas aseptiques], tout rentre dans l'ordre et une cicatrisation au moins aussi esthétique que celle qu'obtiennent les rayons X s'établit, laissant d'ordinaire quelques nodules isolés non encore guéris et qu'une seconde intervention devra faire disparaître à leur tour.

La tuberculose osseuse ainsi traitée semble donner des résultats encore plus rapides et plus complets. Dans les cas traités par moi, par curetage et étincelage unique (aucune observation n'en ayant été publiée par d'autres expérimentateurs), les lésions n'étaient pas très profondes, mais avaient été rebelles à tous autres traitements : elles ont pourtant cicatrisé dans un espace de temps de trois à six semaines. Dans un seul cas une articulation (la costo-sterno-claviculaire) était envahie. Sans apparence de récidive, la cicatrisation n'était pas encore obtenue complètement deux mois après l'opération. Depuis, j'ai perdu le malade de vue. Il nous faut donc faire encore bien des réserves sur l'action de l'étincelle sur la tuberculose articulaire.

5° Depuis une dizaine d'années, on a essayé l'action de l'étincelle sur les nævi, les verrues, les cancroïdes, etc. Les résultats obtenus, très beaux sur les deux premiers genres de tumeurs, n'étaient qu'irrégulièrement heureux sur les cancroïdes et encore à la condition qu'ils fussent très petits. C'est qu'on demandait alors à l'étincelle la destruction de la tumeur, non la réaction de défense des tissus sous-jacents. Or, comme je l'ai dit plus haut, l'étincelle n'a qu'une puissance destructive très limitée et les indurations profondes lui échappent plus ou moins complètement. D'autre part, ainsi qu'ont tenté de le démontrer mes travaux sur cette question, l'étincelage des régions sous-jacentes après exérèse

(1) Desplats (de Lille).

des masses macroscopiques donne des cicatrisations rapides et durables, là où l'exérèse seule, même largement pratiquée, eût été insuffisante. Et cependant ces résultats sont obtenus par l'étincelle sans destruction apparente. C'est donc bien par un effet réactionnel sur les tissus sains plus que par une action destructive sur les néoplasmes que l'étincelle traite les cancers profonds avec quelque succès.

Cependant cela ne veut point dire que l'étincelle soit sans efficacité sur la tumeur proprement dite. Elle semble même produire sur elle certains effets électifs intéressants à connaître.

Les végétations épithéliomateuses fulgurées se ramollissent sensiblement, et souvent, de non curetables qu'elles étaient, deviennent aisément enlevables à la cuillère tranchante. Leurs assises indurées perdent aussi de leur résistance, mais à un degré moindre, et demeurent malgré tout justiciables du bistouri. Mais encore faut-il ajouter avec Czerny citant Wasielewski que, « si l'on fulgure des cancers de souris, *on détruit, il est vrai, les cellules et les alvéoles et on les infiltre de sang,* mais elles sont encore aptes à la transplantation si l'on ne pousse pas la fulguration jusqu'à l'entier desséchement ».

Les réactions présentées par les sarcomes sont plus singulières. Chez elles, les effets destructifs sont souvent, mais non toujours, beaucoup plus profonds que dans l'épithélioma. J'ai vu la fonte purulente de toute la masse d'un lympho-sarcome du volume du poing se faire dans les quelques jours qui suivaient une fulguration intense pratiquée à sa surface. De même, Desplats, de Lille, a vu de la plaie fulgurée, d'où l'on avait extrait un gros sarcome de la cuisse, sortir pendant assez longtemps un écoulement abondant de pus, fait sans doute de la destruction à distance par le choc électrique des éléments sarcomateux demeurés dans la région circonvoisine.

Les examens histologiques faits par les Drs Alegais, de Marseille, et Dominici, de Paris, ont révélé, dans des prélèvements de sarcomes récidivés après fulguration, des tendances marquées à la nécrobiose.

Que ce soit par voie de destruction des éléments anormaux ou de réaction sur les tissus normaux, l'étincelle agit-elle comme un modificateur physique ou chimique ordinaire, ou possède-t-elle

de la Chimie et est, comme elle, soumise à l'influence perturbatrice de la catalyse. Une des missions présentes de l'électrochimie sera, sans doute, d'associer intimement l'étude méthodique des actions catalytiques à celle des actions du courant. L'étude que nous allons faire des procédés industriels fortifiera, pensons-nous, ce point de vue.

Avant de l'aborder, nous ne pouvons passer sous silence les services que peuvent rendre aux analystes de laboratoires les méthodes nouvelles d'analyse rapide par voie de courant.

Grâce à l'initiative de quelques électrochimistes distingués, parmi lesquels il faut citer MM. Exner, Claessen, Ashbrook, Fischer, etc., nous possédons actuellement le moyen d'abréger dans une notable mesure le temps nécessaire à une analyse électrolytique. Un dosage de cuivre peut être terminé en 10 ou 15 minutes, ou un peu plus suivant les cas. Il suffit pour cela d'animer d'un mouvement de rotation rapide l'électrode opposée à celle de dépôt ; l'anode, s'il s'agit d'un dépôt cathodique et la cathode dans le cas contraire. De nombreux dispositifs ont été imaginés pour exécuter commodément cette rotation. La méthode d'analyse rapide se prête à des séparations variées et présente même, dans ce cas, l'avantage de permettre un contrôle de la marche pendant toute l'opération, puisque sa durée est énormément raccourcie. (*Voir* O. Dony-Hénault, *Bull. Soc. chimique de Belgique*, Mons, 1905, et *Electroanalytische-Schnellmethoden,* par le Dr A. Fischer, Stuttgart, 1908.)

Venons-en maintenant à l'industrie électrochimique.